

537,806

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



07 JUN 2005



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Juni 2004 (24.06.2004)

PCT

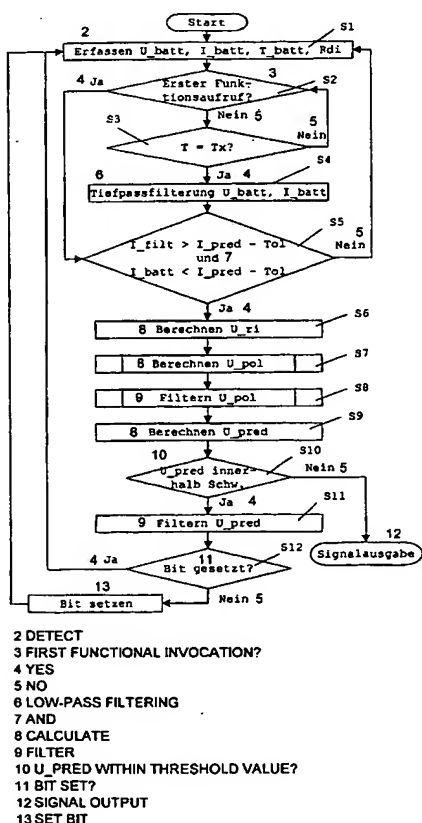
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/053509 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: G01R 31/36
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/011484
- (22) Internationales Anmeldedatum:
16. Oktober 2003 (16.10.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102 57 588.6 9. Dezember 2002 (09.12.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplestrasse 225, 70567 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOPP, Richard [DE/DE]; Mittelwaldstrasse 17c, 70195 Stuttgart (DE). KLÖPFER,, Armin [DE/DE]; Marie-Juchacz-Weg 55, 71522 Backnang (DE).
- (74) Anwälte: GMEINER, Christa usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM-C106, 70546 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PREDICTING THE VOLTAGE OF A BATTERY

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR VORHERSAGE EINER SPANNUNG EINER BATTERIE



(57) Abstract: The invention relates to a method for predicting a voltage of a battery, particularly a vehicle battery. The inventive method makes it possible to predict a drop in voltage before it actually occurs due to a load being applied. According to said method, a filtered battery voltage and a filtered battery current are first determined from battery-related data, such as the battery voltage, battery current, battery temperature, and dynamic internal resistance. An ohmic drop is determined from a differential current between the filtered battery current and a given load current via the dynamic internal resistance. Furthermore, a polarization voltage is calculated as a function of the filtered battery current and is then filtered. A predicted battery voltage is calculated from the filtered battery voltage minus the ohmic drop and the filtered polarization voltage. A decision concerning additional measures can be made based on said predicted battery voltage.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung offenbart ein Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie, insbesondere einer Fahrzeugbatterie. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird es möglich einen Spannungseinbruch vorherzusagen, bevor er tatsächlich aufgrund einer Belastung eintritt. Dazu wird aus Batteriedaten, wie beispielsweise Batteriespannung, Batteriestrom, Batterietemperatur und dynamischem Innenwiderstand zunächst eine gefilterte Batteriespannung und ein gefilterter Batteriestrom ermittelt. Aus einem Differenzstrom zwischen dem gefilterten Batteriestrom und einem vorgegebenen Laststrom wird ein ohmscher Spannungsabfall über den dynamischen Innenwiderstand ermittelt. Ausserdem wird eine Polarisationsspannung als Funktion des gefilterten Batteriestroms berechnet, die anschließend gefiltert wird. Aus der gefilterten Batteriespannung, abzüglich des ohmschen Spannungsabfalls und der gefilterten Polarisationsspannung wird eine vorhergesagte Batteriespannung berechnet. Anhand dieser vorhergesagten Batteriespannung kann über weitere Massnahmen entschieden werden.

WO 2004/053509 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie, insbesondere einer Fahrzeugbatterie.

Herkömmlich besteht das Problem, dass beispielsweise in einem Kfz-Bordnetz die Spannung bei schlechter oder entladener Batterie bei bestimmten Belastungen soweit einbricht, dass wichtige Systeme, wie beispielsweise das Bremssystem nicht mehr den vollen Funktionsumfang haben und der Fahrer unter Umständen das Fahrzeug nur noch mit großen Einschränkungen betreiben kann.

Aus der DE 39 36 638 C1 ist ein Verfahren bekannt, bei dem die Verbraucher in einem Fahrzeugbordnetz bei Unterschreitung eines bestimmten Ladezustands der Batterie des Fahrzeugs abgeschaltet oder zurückgeschaltet werden, um eine zu starke Entladung der Batterie zu verhindern. Welche oder welcher Verbraucher abgeschaltet werden oder wird, hängt davon ab, zu welcher Gruppe von Verbrauchern dieser gehört. Eine solche Gruppe setzt sich beispielsweise aus "Bedingt-Schaltbaren-Verbrauchern" (BSV) und/oder "Schaltbaren-Verbrauchern" (SV) zusammen. Die Gruppe wird dabei immer komplett abgeschaltet oder im Verbrauch reduziert. Jede Gruppe besitzt eine die Fahrzeugsicherzeit bzw. ihre Wichtigkeit betreffende Priorität. Die Abschaltung oder Rückschaltung der einzelnen Gruppen beginnt bei der Gruppe mit der geringsten Priorität. Führt dies nicht zu einer Verbesserung des Ladezustands der Batterie werden nachfolgend weitere Gruppen abgeschaltet oder zu-

rückgeschaltet, bis der Ladezustand der Batterie ein bestimmtes Niveau erreicht.

Weiterhin ist aus der DE 199 60 079 A1 ein Verfahren zur Ein- bzw. Abschaltung von verschiedenen Klassen von Verbrauchern mittels Schaltelementen im Rahmen eines von einem Steuergerät durchgeführten Energiemanagements bekannt. Die Ansteuerung der Schaltelemente erfolgt dabei so, dass die gewählten Prioritäten für die Ansteuerung der Schaltelemente während des Betriebs dynamisch verändert werden können. Damit ist eine betriebszustandsabhängige Anpassung der Schaltprioritäten während des laufenden Betriebs möglich. Die Abschaltung von Verbrauchern erfolgt mittels Veränderung der Schaltpriorität so, dass die Wahrnehmbarkeit der Betriebszustände möglichst unterdrückt wird.

Eine Abschaltung bzw. Rückschaltung eines Verbrauchers oder einer Gruppe von Verbrauchern erfolgt bei diesen herkömmlichen Verfahren immer erst, wenn ein schlechter Ladezustand bereits erkannt wurde. Um zu verhindern, dass ein sicherheitsrelevantes System, wie beispielsweise das Bremssystem aufgrund einer Rückschaltung nicht mehr im vollen Funktionsumfang zur Verfügung steht, wird dabei derzeit ein berechnungsintensives Verfahren zur Berechnung des Ladezustands der Batterie verwendet, das die Kosten des zugehörigen Steuergeräts deutlich erhöht.

Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein einfaches und kostengünstiges Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie zur Verfügung zu stellen, mit dem ein Zustand schlechter oder entladener Batterie, bei dem es unter bestimmten Belastungen zu einem Spannungseinbruch kommen kann, vorhersagbar ist und das ermöglicht, vor dem Eintreten dieses Zustands entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten, damit bestimmte sicherheitsrelevante Verbraucher voll funktionsfähig bleiben.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie mit den Merkmalen nach Anspruch 1 gelöst. In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie wird nun ein rechtzeitiges Erkennen von kritischen Batteriezuständen, insbesondere von kritischen Bordnetzzuständen im Fahrzeug und Einleiten von Gegenmaßnahmen, wie beispielsweise eine Verbraucherabschaltung oder eine Erhöhung der Motordrehzahl ermöglicht.

Diese und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachstehenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung offensichtlich.

Dabei zeigt:

Fig. 1 ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie U_{pred}

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm einer Unterroutine "Berechnung der Polarisationsspannung U_{pol} " aus Fig. 1,

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm einer Unterroutine "Filterung der Polarisationsspannung U_{pol} " aus Fig. 1 und

Fig. 4 eine Darstellung beispielhafter stromabhängiger Verläufe der Polarisationsspannung.

Nachfolgend wird nun das erfindungsgemäße Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie, insbesondere einer Fahrzeugbatterie unter Bezugnahme auf die Ablaufdiagramme gemäß den Figuren 1 bis 3 genauer beschrieben.

Um zu gewährleisten, dass bestimmte, sicherheitskritische Verbraucher, wie beispielsweise die Sensotronic Brake Control

bzw. SBC (Elektrohydraulische Bremse) vollfunktionsfähig bleiben, darf eine Fahrzeug-Batteriespannung eine bestimmte Mindestspannung nicht unterschreiten, da es bei Anlegen einer Last zu einem Spannungseinbruch kommt. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens kann nun vorhergesagt werden, welche Batteriespannung U_{pred} sich einstellt, wenn mit einem vorbestimmten Strom I_{pred} , d.h. einer definierten zu erwartenden Belastung entladen wird.

In einem ersten Schritt S1 werden aktuelle Batteriedaten, wie beispielsweise die Batteriespannung U_{batt} , der Batteriestrom I_{batt} , die Batterietemperatur T_{batt} und der dynamische Innenwiderstand R_{di} der Batterie erfasst bzw. von externen Erfassungs- und Berechnungseinrichtungen abgefragt. Dabei werden die Batteriespannung U_{batt} , der Batteriestrom I_{batt} und die Batterietemperatur T_{batt} mittels Sensoren erfasst und an eine Steuerungseinrichtung übermittelt bzw. von der Steuerungseinrichtung abgefragt, die das erfindungsgemäße Verfahren zur Vorhersage der Spannung einer Batterie durchführt. Der dynamische Innenwiderstand R_{di} wird durch eine bekannte Routine berechnet und das Berechnungsergebnis ebenfalls an die Steuerungseinrichtung übermittelt bzw. von der Steuerungseinrichtung abgefragt. Ein derartiges Verfahren zur Berechnung des dynamischen Innenwiderstands R_{di} ist beispielsweise aus der DE 102 08 020 A1 bekannt, bei dem der erhaltene Wert für den dynamischen Innenwiderstand bereits gefiltert ist. Die Werte für die Batteriespannung U_{batt} , den Batteriestrom I_{batt} , die Batterietemperatur T_{batt} sowie den dynamischen Innenwiderstand R_{di} werden in vorbestimmten Intervallen t , beispielsweise alle 50 ms, der Steuerungseinrichtung übermittelt bzw. von der Steuerungseinrichtung abgefragt. Bei den erfassten Werten des Batteriestroms I_{batt} bedeuten negative Werte eine Entladung und positive Werte eine Ladung der Batterie.

Anschließend wird in einem Schritt S2 überprüft, ob es sich bei diesem Funktionsablauf um einen ersten Ablauf handelt. Hierzu wird der Zustand eines Bits überprüft, das bei einem

ersten Funktionsablauf gesetzt wird und bei jedem Neustart wieder zurückgesetzt wird. Wenn das Bit gesetzt ist, d.h. bereits ein Funktionsablauf (Schritt S1 bis S12) stattgefunden hat, schreitet der Ablauf zu Schritt S3 fort. Ansonsten schreitet der Ablauf direkt zu Schritt S5 fort, damit direkt nach dem Neustart eine Schnellvorhersage der Spannung der Batterie möglich wird.

In einem Schritt S3 wird ermittelt, ob bereits eine Zeit T_x , hier 500 ms abgelaufen ist, d.h. nach 500 ms schreitet der Ablauf zu Schritt S4 fort, ansonsten kehrt der Ablauf zu Schritt S1 zurück.

Wenn in Schritt S3 ermittelt wird, dass die Bedingungen erfüllt sind, wird in einem Schritt S4 die Batteriespannung U_{batt} und der Batteriestrom I_{batt} mittels eines Tiefpasses gefiltert. Durch die Filterung werden ein gefilterter Batteriespannungswert U_{filt} und gefilterter Batteriestromwert I_{filt} von der Batteriespannung U_{batt} und dem Batteriestrom I_{batt} ermittelt, aus denen jeweils die Welligkeit herausgefiltert ist. Der gefilterte Batteriespannungswert U_{filt} und der gefilterte Batteriestromwert I_{filt} nach der Tiefpassfilterung ergeben sich aus den nachfolgenden Gleichungen:

$$U_{filt}(t_n) = (U_{batt} - U_{filt}(t_{n-1})) * (1 - \exp(-t/T)) + U_{filt}(t_{n-1})$$

$$I_{filt}(t_n) = (I_{batt} - I_{filt}(t_{n-1})) * (1 - \exp(-t/T)) + I_{filt}(t_{n-1})$$

Hierbei ist T eine Filterkonstante, die beispielsweise als 500 ms gewählt wird, während t ein Intervall ist, in dem jeweils ein Wertesatz ausgelesen wird und das beispielsweise 50 ms beträgt. t_n ist der aktuelle Zeitpunkt, während t_{n-1} der Zeitpunkt der letzten Berechnung ist. Wenn noch keine vorherige Berechnung erfolgt ist, werden vorbestimmte Initialisierungswerte verwendet.

Aufgrund von Einschwingzeiten eines verwendeten Tiefpassfilters werden zur Initialisierung beispielsweise Werte wie folgt festgelegt: $U_{\text{filt}} = 11,8$, $I_{\text{filt}} = 0,0$ und $R_{\text{di}} = 5,0$.

Das Einlesen der Eingangsgrößen in das Tiefpassfilter erfolgt so rasch wie möglich, vorausgesetzt die Werte sind gültig, d.h. die Hardware zur Erfassung der Batteriespannung U_{batt} und des Batteriestroms I_{batt} muss gültige Werte liefern. Beim ersten Funktionsaufruf des Verfahrens zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie, beispielsweise nach einem Zeitraum T_x , d.h. im Beispiel 500 ms wird eine Schnellvorhersage durchgeführt. Dabei wird die Filterung durch den Tiefpass nicht mit einbezogen, d.h. die Schritte S3 und S4 wird im ersten Funktionsaufruf übersprungen. In den ersten beispielsweise 5 Sekunden nach diesem Funktionsaufruf sind alle Zeitkonstanten auf 1 Sekunde gesetzt, da auf diese Weise ein schnelles Einschwingen des Verfahrens ermöglicht wird.

Die Berechnung der vorhergesagten Batteriespannung U_{pred} , d.h. der Funktionsablauf erfolgt nach einem Zeitraum T , d.h. im Beispiel nach 500 ms.

Die Berechnung der vorhergesagten Batteriespannung U_{pred} wird nur dann durchgeführt, wenn der Batteriestrom I_{batt} größer als der vorbestimmte Laststrom I_{pred} ist, auf den die Vorhersage abgestellt ist. Dabei wird eine vorbestimmte Toleranz Tol , beispielsweise von 5A zugelassen. Eine Berechnung für einen Batteriestrom I_{batt} kleiner als I_{pred} ist nicht erforderlich, da dann der derzeit vorliegende Spannungseinbruch größer als ein vorherzusagender Spannungseinbruch wäre. Daher kehrt der Ablauf dann zu Schritt S1 zurück.

Somit wird in Schritt S5 überprüft, ob die für die Durchführung der Berechnung der vorhergesagten Batteriespannung U_{pred} erforderlichen folgenden Bedingungen erfüllt sind:

```
I_filt > (I_pred - Tol)
und
I_batt > I_pred - Tol
```

Dies zweitgenannte Bedingung wird hier zusätzlich abgefragt, da bei einem Startvorgang größere Ströme erreicht werden, aber aufgrund des Filters eine Berechnung ansonsten zugelassen würde. Derartige Fehler sollen jedoch ausgeschlossen werden.

Wenn in Schritt S5 erkannt wird, dass die vorstehend aufgeführten Bedingungen nicht erfüllt sind, wird keine Berechnung der vorhergesagten Batteriespannung U_{pred} durchgeführt und der Ablauf kehrt zu Schritt S1 zurück.

Wenn in Schritt S5 erkannt wird, dass die vorstehenden Bedingungen erfüllt sind, wird anschließend in einem Schritt S6 ein ohmscher Spannungsabfall am dynamischen Innenwiderstand R_{di} berechnet. Dazu wird aus den gefilterten Batteriestrom- und Innenwiderstandswerten (I_{filt} und R_{di}) der durch den vorbestimmten Laststrom I_{pred} am dynamischen Innenwiderstand R_{di} entstehende Spannungsabfall U_{ri} entsprechend der nachfolgend aufgeführten Formel berechnet:

$$U_{ri} = (I_{filt} - I_{pred}) * R_{di}$$

Da der vorbestimmte Laststrom I_{pred} immer ein Entladestrom ist, muss er auch negativ eingesetzt werden. Der Wertebereich für den vorbestimmten Laststrom I_{pred} beträgt beispielsweise zwischen -80A und -150A.

Anschließend wird in einem Schritt S7 eine Polarisationsspannung U_{pol} berechnet. Die Unteroutine zur Berechnung der Polarisationsspannung in Schritt S7 ist in Fig. 2 genauer dargestellt. Die Polarisationsspannung U_{pol} hat mehrere chemische Ursachen, d.h. setzt sich aus mehreren Teilspannungen zusammen. Diese Teilspannungen sind unter anderem eine Durchtrittsspannung bzw. Aktivierungsspannung, eine Kristallisati-

onsspannung und eine Diffusionsspannung. Die Durchtrittsspannung entsteht dadurch, dass sich die örtliche Verteilung der Ionen bei Stromänderung erst aufbauen muss, wobei dies jedoch nicht so schnell geschieht, wie sich der Strom einstellt, und die Verteilung der geladenen Teilchen an der Oberfläche mit einem Kondensator vergleichbar ist. Die Kristallisationsspannung ist die erforderliche Spannung, um Moleküle an der Oberfläche der Elektrode aus ihrem Verband herauszulösen und einer Reaktion zugänglich zu machen. Die Diffusionsspannung schließlich ist die Spannung, die benötigt wird, um die Reaktionsprodukte von der Elektrodenoberfläche zu entfernen. Diese Teilspannungen weisen jeweils eine nach einer e-Funktion verlaufende Abhängigkeit vom Batteriestrom, nämlich der Stromgröße und der Stromrichtung, sowie der Temperatur auf.

Die Polarisationsspannung U_{pol} kann in ihrer Gesamtheit durch zwei einfache Reziproktfunktionen genau genug beschrieben werden. Die Polarisationsspannung U_{pol} kann wie folgt ermittelt werden, wobei jeweils zu unterscheiden ist, ob die Batterie geladen wird, d.h. $I_{filt} > 0$ ist, oder die Batterie entladen wird, d.h. $I_{filt} \leq 0$ ist.

Daher wird zunächst in einem Schritt S7-1 entschieden, ob der gefilterte Batteriestrom I_{filt} größer als Null ist. Je nach dem Entscheidungsergebnis wird in Schritt S7-2a bzw. S7-2b eine Berechnung der Polarisationsspannung U_{pol} gemäß den nachfolgend aufgeführten Formel ausgeführt:

Für $I_{filt} > 0$:

$$U_{pol} = (U_{pol_0} + (k_{i_lad} \cdot I_{filt} / (i_{k_lad} + I_{filt}))) \cdot K_1.$$

Für $I_{filt} \leq 0$:

$$U_{pol} = (U_{pol_0} + (k_{i_ela} \cdot I_{filt} / (i_{k_ela} - I_{filt}))) \cdot K_1$$

K_1 ist in den vorstehenden Gleichungen ein Korrekturfaktor, der 1 ist, wenn der vorbestimmte Laststrom I_{pred} -100A beträgt, während er sich für einen vorgegebenen Laststrom

I_{pred} im Bereich zwischen -80A bis -150A aus $(1 - (I_{\text{pred}} + 100)/100 * 0,2)$ ergibt. Für den Fachmann ist hierbei offensichtlich, dass, wenn ein von diesem Laststrombereich abweichender Laststrombereich gewünscht wird, ein entsprechender, angepasster Korrekturwert ermittelt werden kann.

Dabei sind die Parameter U_{pol_0} , ki_{lad} , ik_{lad} , ki_{ela} und ik_{ela} vorbestimmte Parameter. Beispielsweise kann U_{pol_0} bei 0°C 0,7V betragen. Die Temperaturabhängigkeit beträgt -9mV/°C. Daraus ergibt sich:

$$U_{\text{pol}_0} = 0,7V - 0,009V/^{\circ}C * T_{\text{batt}} [T_{\text{batt}} \text{ in } ^{\circ}C]$$

ik_{lad} und ik_{ela} sind empirische Parameter, die die Krümmung der Kurve der Polarisationsspannung U_{pol} als Funktion des gefilterten Batteriestroms I_{filt} beschreiben. In Fig. 4 ist ein derartiger Kurvenverlauf für verschiedene Batterietemperaturen T_{batt} gezeigt. Beispielsweise kann der Wert für ik_{lad} 80A und der Wert für ik_{ela} 20A betragen. ki_{ela} ist dimensionslos und so festzulegen, dass bei $I_{\text{filt}} = I_{\text{pred}}$ der Wert für $U_{\text{pol}} = 0V$ beträgt.

Es gilt also:

$$ki_{\text{ela}} = U_{\text{pol}_0} * (ik_{\text{ela}} - I_{\text{pred}}) / (-I_{\text{pred}} * [VA]) \text{ bzw. } \\ ki_{\text{lad}} = U_{\text{pol}_0} * (ik_{\text{lad}} - I_{\text{pred}}) / (-I_{\text{pred}} * [VA]) * K_2.$$

Beim Laden muss ein Korrekturfaktor K_2 berücksichtigt werden, da beim Laden sehr große Überspannungen auftreten können, die für eine Berechnung zu groß wären. Durch diesen Korrektur- bzw. Kompensationsfaktor K_2 werden auch diese Spannungen berechenbar.

Diese Beschreibung der Polarisationsspannung U_{pol} gilt, wenn die Batterie in einem quasistatischen, d.h. eingeschwungenen Zustand ist, d.h. wenn der Batteriestrom I_{batt} konstant ist.

Bedingt durch die chemischen Reaktionen, die sich hinter diesem Phänomen verbergen, verändert sich die Polarisationsspannung U_{pol} nur langsam. Die Veränderung folgt zwei überlagerten Zeitkonstanten. Der wie oben beschrieben ermittelte Parameter U_{pol} besteht also aus einem schnell und einem langsam einschwingenden Teil $U_{pol_fast_roh}$ und $U_{pol_slow_roh}$:

$$\begin{aligned}U_{pol_fast_roh} &= 0,6 * U_{pol} \text{ und} \\U_{pol_slow_roh} &= 0,4 * U_{pol},\end{aligned}$$

d.h. 60% von U_{pol} schwingt schnell ein und 40% schwingt langsam ein.

Daher erfolgt in einem weiteren Schritt S8, dessen genauer Ablauf in Fig. 3 genauer veranschaulicht ist, eine Filterung der Polarisationsspannung U_{pol} , wobei diese Filterung bevorzugt durch zwei Tiefpassfilter erfolgt, jeweils eines für einen schnell einschwingenden Anteil $U_{pol_fast_roh}$ von U_{pol} und eines für einen langsam einschwingenden Anteil $U_{pol_slow_roh}$ von U_{pol} .

Zunächst wird in einem Schritt S8-1 die Polarisationsspannung U_{pol} in die noch ungefilterten Rohwerte der Polarisationsspannung $U_{pol_fast_roh}$ und $U_{pol_slow_roh}$ aufgeteilt. Anschließend erfolgt in Schritt S8-2 eine Filterung dieser beiden Polarisationsspannungsanteile $U_{pol_fast_roh}$ und $U_{pol_slow_roh}$ mittels zweier Tiefpassfilter.

Somit ergibt sich:

$$U_{pol_fast_filt}(t_n) = (U_{pol_fast_roh} - U_{pol_fast_filt}(t_{n-1}) * T + U_{pol_fast_filt}(t_{n-1}))$$

$$U_{pol_slow_filt}(t_n) = (U_{pol_slow_roh} - U_{pol_slow_filt}(t_{n-1}) * T + U_{pol_slow_filt}(t_{n-1}))$$

Die Zeitkonstanten der Tiefpassfilter für $U_{pol_fast_roh}$ und $U_{pol_slow_roh}$ sind dabei unterschiedlich, je nachdem, ob geladen wird, d.h. $I_{filt} > 0$ ist, oder entladen wird, d.h. $I_{filt} \leq 0$. Die Zeitkonstanten betragen beispielsweise:

Für $I_{filt} > 0$:

T für $U_{pol_fast_filt}$ = 1 Sekunde

T für $U_{pol_slow_filt}$ = 1 Minute

Für $I_{mittel} \leq 0$:

T für $U_{pol_fast_filt}$ = 1 Sekunde

T für $U_{pol_slow_filt}$ = 30 Sekunden

In einem weiteren Schritt S8-3 werden anschließend die gefilterten Werte der beiden Polarisationsspannungsanteile $U_{pol_fast_filt}$ und $U_{pol_slow_filt}$ addiert, um eine gefilterte Polarisationsspannung U_{pol_filt} zu erhalten.

Diese Werte für Parameter zur Ermittlung der Polarisationsspannung sind ebenfalls nur Beispiele und stellen keine Einschränkung dar.

In einem darauffolgend durchgeführten Schritt S9 wird anschließend aus den in den Schritt S4, S6 und S7 und S8 ermittelten Spannungswerten für die gefilterte Batteriespannung U_{filt} , den ohmschen Spannungsabfall U_{ri} und die gefilterte Polarisationsspannung U_{pol_filt} die vorhergesagte Batteriespannung U_{pred} entsprechend der folgenden Formel berechnet:

$$U_{pred} = U_{filt} - U_{ri} - U_{pol_filt}$$

Die so in Schritt S9 ermittelte vorhergesagte Batteriespannung U_{pred} wird in Schritt S10 noch nach oben und unten begrenzt, indem beispielsweise als Maximalwert U_{pred_max} 12,5V und als Minimalwert U_{pred_min} 10V festgelegt wird. Eine Begrenzung nach oben ist dabei nicht unbedingt erforderlich, da dort die Batterieladung in jedem Fall ausreichend ist; den-

noch wird im bevorzugten Ausführungsbeispiel der Maximalwert U_{pred_max} auf einen Wert nahe einem Normalwert einer vollen Batterie im Ruhezustand festgelegt. Die Begrenzung nach unten durch einen Minimalwert U_{pred_min} ist jedoch in jedem Fall erforderlich, da die Batterie ab diesem Spannungswert derart gealtert, entladen, o.ä. ist, dass ab diesem Schwellenwert aufgrund einer exponentiell einbrechenden Spannung kein zuverlässige Vorhersage der Batteriespannung mehr möglich ist. Im Fall, dass die vorhergesagte Batteriespannung U_{pred} innerhalb der Grenzwerte U_{pred_min} und U_{pred_max} liegt, erfolgt dann in einem weiteren Schritt S11 eine Filterung der vorhergesagten Batteriespannung, wobei die Zeitkonstante T dieses Filters sowohl für negative als auch für positive Stromwerte 3 Minuten betragen kann. Durch diese weitere Filterung in Schritt S11 werden Sprünge, die aufgrund einer Umschaltung von Laden auf Entladen auftreten herausgefiltert.

Dadurch ergibt sich:

$$U_{pred_filt}(t_n) = (U_{pred_roh} - U_{pred_filt}(t_{n-1})) * T + U_{pred_filt}(t_{n-1})$$

wobei T beispielsweise als 3 Minuten gewählt ist.

Abschließend erfolgt in Schritt S12 eine Überprüfung, ob das Bit, das anzeigt, ob bereits ein erster Funktionsaufruf erfolgt ist, gesetzt ist. Sollte es nicht gesetzt sein, wird dieses Bit gesetzt und dann kehrt der Ablauf zu Schritt S1 zurück. Ansonsten kehrt der Ablauf direkt zu Schritt S1 zurück.

Auf diese Weise kann zuverlässig eine Spannung einer Batterie, insbesondere einer Fahrzeugbatterie bei einer im voraus festgelegten Belastung mit einem Laststrom I_{pred} ermittelt werden. Diese Vorhersage ist für Batterien aller Art, insbesondere für Fahrzeugbatterien jeglicher Bauart Größe und Kapazität anwendbar.

Zusammenfassend offenbart die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie, insbesondere ein Fahrzeugbatterie. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird es möglich einen Spannungseinbruch vorherzusagen, bevor er tatsächlich aufgrund einer Belastung eintritt. Dazu wird aus Batteriedaten, wie beispielsweise Batteriespannung, Batteriestrom, Batterietemperatur und dynamischem Innenwiderstand zunächst eine gefilterte Batteriespannung und ein gefilterter Batteriestrom ermittelt. Aus einem Differenzstrom zwischen dem gefilterten Batteriestrom und eine vorgegebenen Laststrom ein ohmscher Spannungsabfall über den dynamischen Innenwiderstand ermittelt. Außerdem wird eine Polarisationsspannung als Funktion des gefilterten Batteriestroms berechnet, die anschließend gefiltert wird. Aus der gefilterten Batteriespannung, abzüglich des ohmschen Spannungsabfalls und der gefilterten Polarisationsspannung wird eine vorhergesagte Batteriespannung berechnet. Anhand dieser vorhergesagten Batteriespannung kann über weitere Maßnahmen entschieden werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie, mit den Schritten:
 - (S1) Erfassen bzw. Abfragen von Batteriedaten, von Erfassungs- und Berechnungseinrichtungen, wobei die Batteriedaten eine Batteriespannung (U_{batt}), einen Batteriestrom (I_{batt}), eine Batterietemperatur (T_{batt}) sowie einen dynamischen Innenwiderstand (R_{di}) umfassen,
 - (S2) Überprüfen, ob es sich bei dem gegenwärtigen Funktionsablauf um einen ersten Ablauf handelt,
 - (S3) wenn das Ergebnis in Schritt S2 ist, dass bereits ein Funktionsablauf stattgefunden hat, Überprüfen, ob eine vorbestimmte Zeit (T_x) abgelaufen ist, und wenn die vorbestimmte Zeit noch nicht abgelaufen ist, Zurückkehren zu Schritt S1,
 - (S4) wenn die vorbestimmte Zeit (T_x) abgelaufen ist, Filtern der Batteriespannung (U_{batt}) und des Batteriestroms (I_{batt}) mittels eines Tiefpasses und Ausgeben einer gefilterten Batteriespannung (U_{filt}) und eines gefilterten Batteriestroms (I_{filt}),
 - (S5) Überprüfen, ob der gefilterte Batteriestrom (I_{filt}) größer als ein vorgegebener Laststrom I_{pred} abzüglich einer Toleranz (Tol) ist und der Batteriestrom (I_{batt}) größer als ein vorgegebener Laststrom (I_{pred}) abzüglich der Toleranz (Tol) ist, und, wenn die Bedingungen nicht erfüllt sind, Zurückkehren zu Schritt S1,
 - (S6) Berechnen eines ohmschen Spannungsabfalls (U_{ri}) am dynamischen Innenwiderstand (R_{di}),

(S7) Berechnen einer Polarisationsspannung (U_{pol}) als Funktion des gefilterten Batteriestroms (I_{batt_filt}),
(S8) Filtern der Polarisationsspannung (U_{pol}) mittels zweier Tiefpassfilter getrennt nach einem schnell einschwingenden Anteil ($U_{pol_fast_roh}$) und einem langsam einschwingenden Anteil ($U_{pol_slow_roh}$) und Ausgeben einer gefilterten Polarisationsspannung (U_{pol_filt}),
(S9) Berechnen einer vorhergesagten Batteriespannung, indem von der gefilterten Batteriespannung (U_{batt_filt}) der ohmsche Spannungsabfall (U_{ri}) und die gefilterte Polarisationsspannung (U_{pol_filt}) subtrahiert wird,
(S10) Begrenzen der in Schritt S9 ermittelten vorhergesagten Batteriespannung (U_{pred}) nach oben und unten,
(S11) Filtern der vorhergesagten Batteriespannung (U_{pred}) und
(S12) Überprüfen, ob das Bit, das einen erfolgten ersten Funktionsaufruf anzeigt, gesetzt ist, und, wenn nein, Setzen des Bits und Rückkehr zu Schritt S1, oder, wenn ja, Rückkehr zu Schritt S1.

2. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass
der dynamische Innenwiderstand (R_{di}) mittels eines Pufferalgorithmus ermittelt wird.
3. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass
die vorbestimmte Zeit (T_x) in Schritt S3 500ms beträgt.
4. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass

sich die gefilterte Batteriespannung (U_{filt}) und der gefilterte Batteriestrom (I_{filt}) aus den folgenden Gleichungen ergeben:

$$U_{\text{filt}}(t_n) = (U_{\text{batt}} - U_{\text{filt}}(t_{n-1})) * (1 - \exp(-t/T)) + U_{\text{filt}}(t_{n-1})$$

$$I_{\text{filt}}(t_n) = (I_{\text{batt}} - I_{\text{filt}}(t_{n-1})) * (1 - \exp(-t/T)) + I_{\text{filt}}(t_{n-1})$$

wobei T eine Filterkonstante, t ein Intervall, in dem jeweils ein Wertesatz ausgelesen wird und t_n ist der aktuelle Zeitpunkt, während t_{n-1} der Zeitpunkt der letzten Berechnung ist.

5. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass
direkt nach einem Start die Schritte S3 und S4 in einem ersten Funktionsaufruf übersprungen werden
6. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass
die Toleranz (Tol) als 5A gewählt ist.
7. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass
sich der ohmsche Spannungsabfall anhand der folgenden Gleichung berechnet wird:
$$U_{\text{ri}} = (I_{\text{filt}} - I_{\text{pred}}) * R_{\text{di}}$$

8. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Polarisationsspannung (U_{pol}) unter Berücksichtigung der angegebenen Bedingungen gemäß den folgenden Gleichungen berechnet wird:

Für $I_{filt} > 0$:

$$U_{pol} = (U_{pol_0} + (k_{i_lad} * I_{filt} / (i_{k_lad} + I_{filt}))) * K_1.$$

Für $I_{filt} \leq 0$:

$$U_{pol} = (U_{pol_0} + (k_{i_ela} * I_{filt} / (i_{k_ela} - I_{filt}))) * K_1,$$

wobei K ein Korrekturfaktor ist, der abhängig vom vorbestimmten Laststrom (I_{pred}) ist und die Parameter U_{pol_0} , k_{i_lad} , i_{k_lad} , k_{i_ela} und i_{k_ela} vorbestimmte Parameter sind, die empirisch ermittelt wurden, und k_{i_ela} so festzulegen ist, dass bei Gleichheit von gefiltertem Batteriestrom (I_{filt}) und der vorbestimmten Laststrom (I_{pred}) der Wert von der Polarisationsspannung (U_{pol}) 0V beträgt.

9. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Polarisationsspannung (U_{pol}) einen schnell einschwingenden Anteil ($U_{pol_fast_roh}$) und einen langsam einschwingenden Anteil ($U_{pol_slow_roh}$) umfasst, wobei der schnell einschwingende Anteil ($U_{pol_fast_roh}$) 60% der Polarisationsspannung (U_{pol}) und der langsam einschwingende Anteil ($U_{pol_slow_roh}$) 40% der Polarisationsspannung (U_{pol}) ausmacht und jeder dieser beiden Anteile in Schritt S8 durch ein Tiefpassfilter gefiltert

wird, so dass sich folgende Gleichungen ergeben:

$$\begin{aligned} U_{pol_fast_filt}(t_n) = & (U_{pol_fast_roh} - \\ & - U_{pol_fast_filt}(t_{n-1}) * \\ & * T + U_{pol_fast_filt}(t_{n-1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{pol_slow_filt}(t_n) = & (U_{pol_slow_roh} - \\ & - U_{pol_slow_filt}(t_{n-1}) * \\ & * T + U_{pol_slow_filt}(t_{n-1}) \end{aligned}$$

und sich die gesamte gefilterte Polarisationsspannung (U_{pol_filt}) durch Addition der beiden gefilterten Anteile der Polarisationsspannung ($U_{pol_fast_filt}$, $U_{pol_slow_filt}$) ergibt.

10. Verfahren zur Vorhersage einer Spannung einer Batterie nach Anspruch 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass
der Korrekturfaktor K_1 1 ist, wenn der vorbestimmte Laststrom (I_{pred}) -100A beträgt, während er sich für einen vorgegebenen Laststrom (I_{pred}) zwischen -80A und -150A aus $(1 - (I_{pred} + 100) / 100 * 0,2)$ ergibt.

1/4

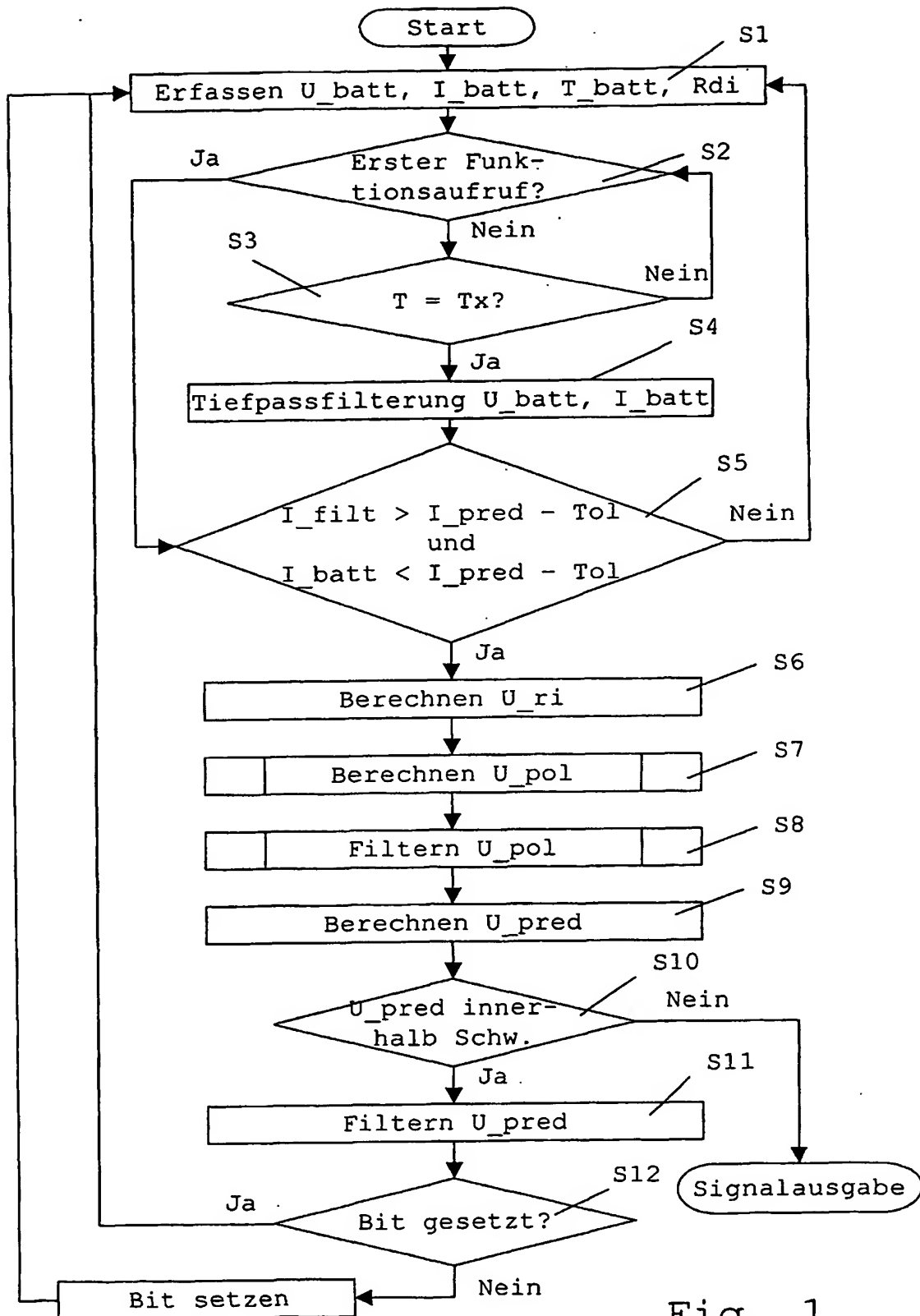


Fig. 1

2/4

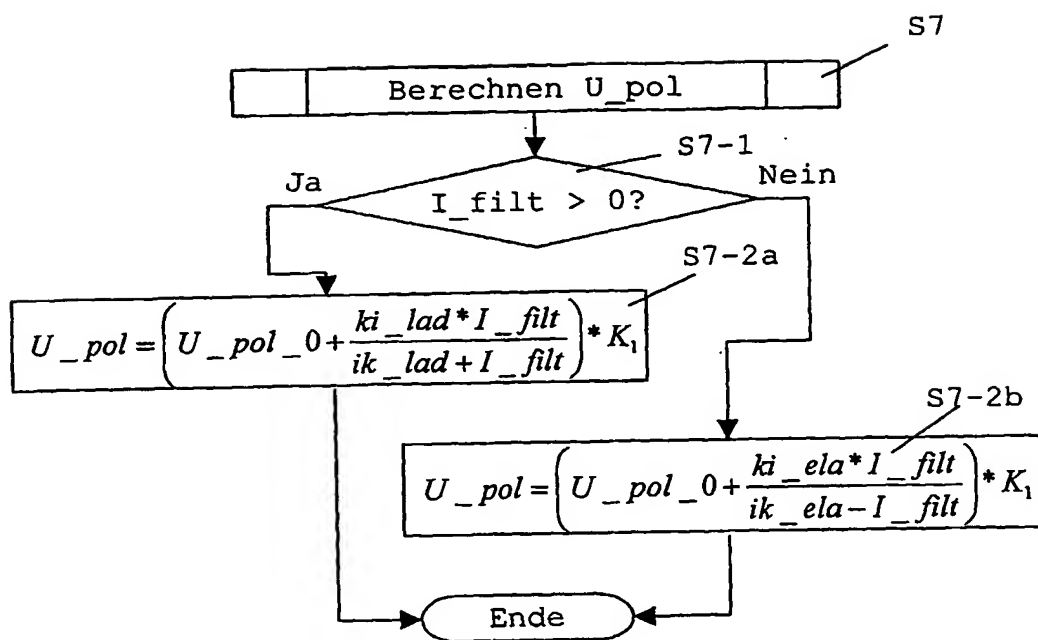


Fig. 2

3/4

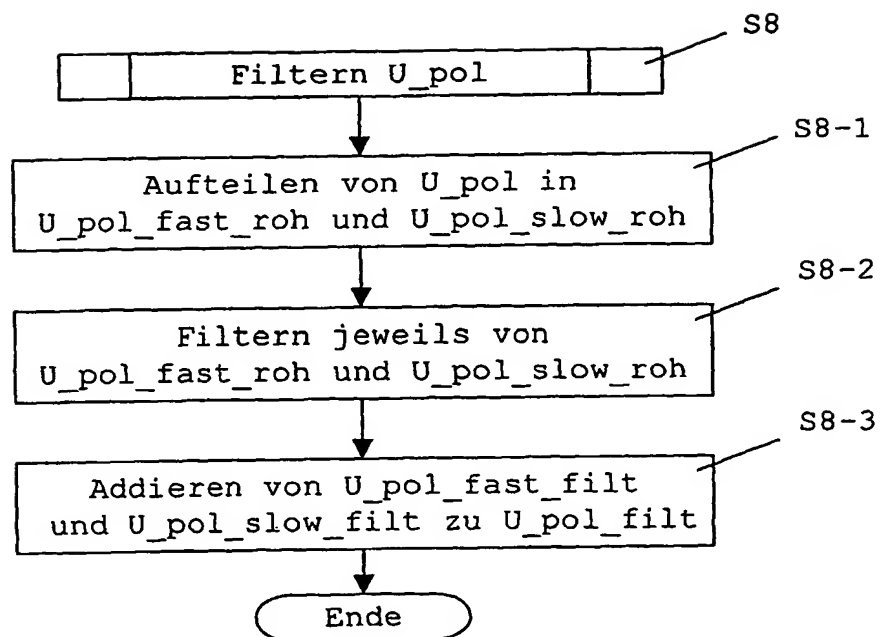


Fig. 3

4 / 4

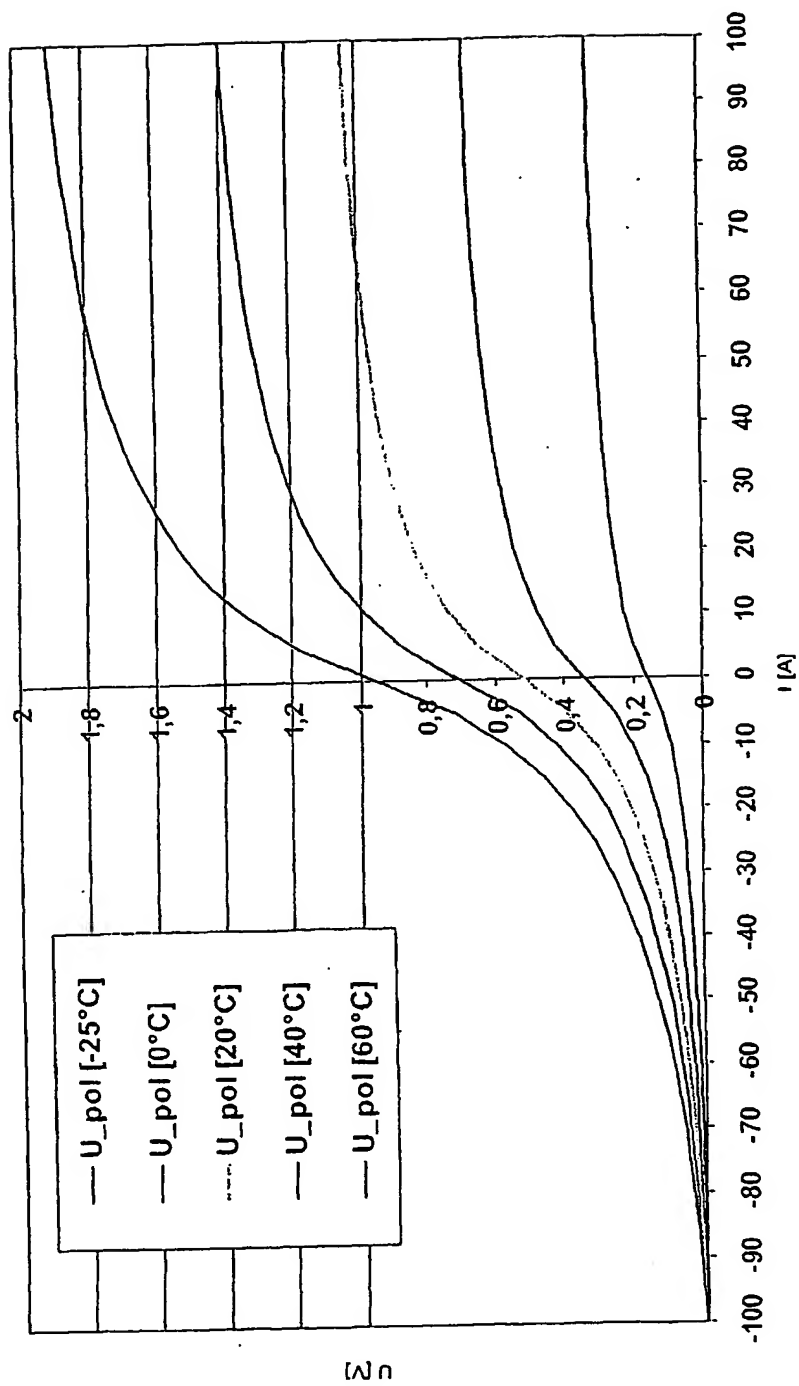


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter: Application No

PCT/03/11484

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01R31/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 064 182 A (EGUCHI YASUHITO) 16 May 2000 (2000-05-16) abstract	1-10
A	GB 2 148 518 A (LUCAS IND PLC) 30 May 1985 (1985-05-30) figure 30	1-10
A	DE 102 07 659 A (YAZAKI CORP) 26 September 2002 (2002-09-26) abstract	1-10
A	GB 2 121 971 A (LUCAS IND PLC) 4 January 1984 (1984-01-04) abstract	1-10



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 January 2004

Date of mailing of the international search report

23/01/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vytlacilová, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP 03/11484

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6064182	A	16-05-2000	JP 11007984 A	12-01-1999
GB 2148518	A	30-05-1985	DE 3031852 A1	21-01-1982
			DE 3031853 A1	21-01-1982
			DE 3031887 A1	04-02-1982
			DE 3031890 A1	04-02-1982
			DE 3031898 A1	21-01-1982
			DE 3031931 A1	04-02-1982
			GB 2080550 A ,B	03-02-1982
			GB 2147108 A ,B	01-05-1985
			GB 2147164 A ,B	01-05-1985
			GB 2147160 A ,B	01-05-1985
			GB 2147161 A ,B	01-05-1985
			US 4433278 A	21-02-1984
			US 4394741 A	19-07-1983
			US 5107191 A	21-04-1992
			US 4484130 A	20-11-1984
DE 10207659	A	26-09-2002	JP 2002236157 A	23-08-2002
			DE 10207659 A1	26-09-2002
			US 2002145430 A1	10-10-2002
GB 2121971	A	04-01-1984	DE 3321045 A1	15-12-1983
			FR 2528582 A1	16-12-1983
			JP 59005975 A	12-01-1984
			US 4558281 A	10-12-1985

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter XXXX Aktenzeichen

PCT/E XXXX 3/11484

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01R31/36

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 064 182 A (EGUCHI YASUHIRO) 16. Mai 2000 (2000-05-16) Zusammenfassung	1-10
A	GB 2 148 518 A (LUCAS IND PLC) 30. Mai 1985 (1985-05-30) Abbildung 30	1-10
A	DE 102 07 659 A (YAZAKI CORP) 26. September 2002 (2002-09-26) Zusammenfassung	1-10
A	GB 2 121 971 A (LUCAS IND PLC) 4. Januar 1984 (1984-01-04) Zusammenfassung	1-10

☐

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

8 Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Januar 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/01/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Vytlačilová, L

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT I

Angaben zu Veröffentlichungen, die derselben Patentfamilie gehören

Intern: Aktenzeichen

PCT/EP 03/11484

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6064182	A	16-05-2000	JP	11007984 A	12-01-1999
GB 2148518	A	30-05-1985	DE	3031852 A1	21-01-1982
			DE	3031853 A1	21-01-1982
			DE	3031887 A1	04-02-1982
			DE	3031890 A1	04-02-1982
			DE	3031898 A1	21-01-1982
			DE	3031931 A1	04-02-1982
			GB	2080550 A ,B	03-02-1982
			GB	2147108 A ,B	01-05-1985
			GB	2147164 A ,B	01-05-1985
			GB	2147160 A ,B	01-05-1985
			GB	2147161 A ,B	01-05-1985
			US	4433278 A	21-02-1984
			US	4394741 A	19-07-1983
			US	5107191 A	21-04-1992
			US	4484130 A	20-11-1984
DE 10207659	A	26-09-2002	JP	2002236157 A	23-08-2002
			DE	10207659 A1	26-09-2002
			US	2002145430 A1	10-10-2002
GB 2121971	A	04-01-1984	DE	3321045 A1	15-12-1983
			FR	2528582 A1	16-12-1983
			JP	59005975 A	12-01-1984
			US	4558281 A	10-12-1985